

陕甘宁盆地中部东西向构造带的确定及其聚气意义*

方国庆¹, 王多云¹, 林锡祥¹, 张晓宝¹, 刘德良²

(1. 中国科学院兰州地质研究所, 甘肃兰州 730000; 2. 中国科学技术大学地球与空间科学系, 安徽合肥 230026)

摘要: 陕甘宁盆地中部发育一个东西向构造带, 其分布范围北至鄂托克旗, 南达定边-靖边一线。该构造带最早在中元古代的长城纪即有表现, 为地台内低幅度裂隙。早古生代早中期为东西向的浅台坳。奥陶系顶部风化壳形成阶段, 古地貌表现为东西向的岩溶低地。晚古生代中晚期为陆、海(湖)的过渡带。中生代为北陆南湖的过渡带。第四纪为控制地貌南北分异的分界线。该带显著特点是幅度低, 它控制下的岩相类型和厚度, 特别是厚度与相邻的南北地区差异较小, 往往在数百米以内。低幅度是使得该构造带不易被识别和确定的重要原因之一。该带具有重要的天然气地质意义, 它在古生代表现出的低凹地带, 使得这里沉积较厚, 形成了上、下古生界两大烃源中心; 上古生界发育多期三角洲沉积体系, 砂体重叠连片发育, 形成有利的天然气储层发育带。目前沿该带已发现有长庆、吴堡、镇川堡、横山堡、天池等天然气聚集带。

关键词: 陕甘宁盆地; 中部构造带; 确定依据; 聚气意义

第一作者简介: 方国庆, 男, 36岁, 副研究员, 沉积与构造地质学

中图分类号: P542

文献标识码: A

长期以来, 陕甘宁盆地以构造稳定著称于世, 从其较为简单的构造区划可见一斑。80年代中期在地震勘探中发现了中央古隆起, 它对长庆气田的勘探起了决定性作用。这一发现还带给我们一个重要的启示, 就是盆地内并不像传统认为的那样均一, 次级构造仍然发育并且控制着油气的分布。因此, 我们开始探寻是否存在较中央古隆起更为重要的控制天然气成藏分布的构造单元。为什么已发现的工业性气藏都分布在盆地中部东西一线上? 为什么中央古隆起北低南高, 且与北部伊盟隆起呈一过渡的鞍部相连? 为什么现今陕甘宁盆地在地貌上分为明显的南北两部分? 为什么在盆地中部东西向一线集中发育数层上古生界三角洲沉积体系? 在综合研究的基础上, 我们推断存在一个中部东西向构造带, 其分布范围北至乌审旗, 南达定边-靖边一线, 主要表现形式为一构造上的浅凹带, 为南北两构造块体之间的过渡部位。

1 确定依据

1.1 东西向展布的浅台坳

早古生代, 陕甘宁盆地属边缘克拉通盆地类型。

此期, 陕甘宁盆地及周边构造古地理表现为: 南面发育秦岭-祁连大洋, 西面发育贺兰坳拉槽, 北部有乌兰格隆起, 盆地主体部分被陆表海覆盖, 在与贺兰坳拉槽和秦岭-祁连大洋的过渡处发育大陆边缘带(图1)。

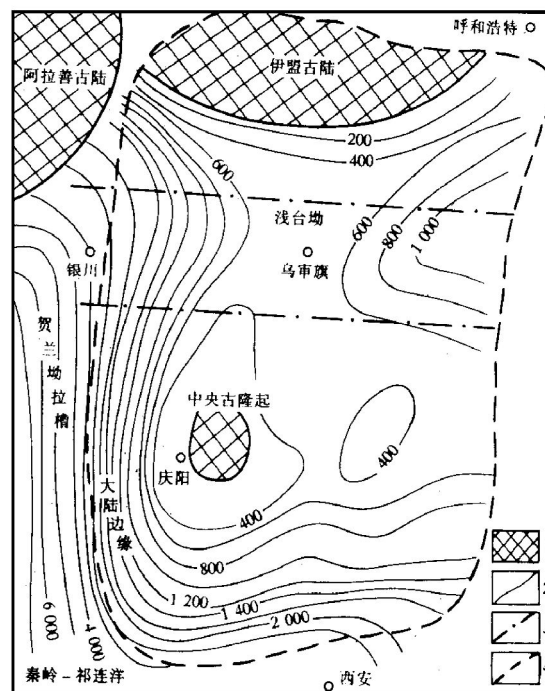


图1 陕甘宁盆地地下古生界沉积厚度及主要构造单元
(厚度数据引自文献[1])

Fig. 1 Lower Paleozoic sedimental thickness
and structural units of Shaanxi-Gannong Ning Basin

1—古陆地; 2—沉积厚度(单位: m); 3—中部构造带; 4—盆地边界

* 国家“九五”攻关项目(96-110-01-05-03)成果之一

收稿日期: 1999-05-14

南部偏西发育的中央隆起主要表现为水下隆起,于早奥陶世露出水面。该克拉通盆地既不是一个中间凹边缘凸的典型克拉通盆地形态,也不是向南平缓单倾的形态。较为突出的是在盆地中部发育东西向展布的浅台坳,分割了北部伊盟隆起和中央古隆起。在该浅台坳内沉积了较厚的早古生代地层(图1)。浅台坳与局部凹陷沉积的耦合形成了下古生界重要的烃源中心。在早古生代分期的沉积相图上可以明显看出有位于中部过渡构造带上的与该构造带相耦合而存在的联结南北两块体的过渡相带^[1~4]。

1.2 中央古隆起北低南高

根据地震资料的地层尖灭点,结合钻井资料,基本上确定了中央古隆起的主体面貌为一北低南高呈“L”型展布的形态。耐人寻味的是,中央古隆起北低南高,南部奥陶系仅100 m左右,而北部则在400 m以上,与北部伊盟隆起呈一宽缓的鞍部相连。究其原因中部东西向构造带与中央古隆起的相互穿插叠加,使中央古隆起向北的延伸似乎被截切。中央古隆起的成因多数人赞成用裂谷肩隆起来解释,认为由于贺兰裂谷的拉张断陷,裂谷边部拉伸减薄,其下的高密度塑性物质上升补偿质量亏损而产生均衡调整,促使裂谷肩抬^[5]。古生代的贺兰裂谷最北达内蒙磴口一带,贺兰山仅为其中段,在桌子山一带尚有数千米厚的沉积地层。那么为什么与之相伴的中央古隆起未延伸至北部,而在盐池、定边一带呈低缓的鞍部似乎断掉了呢?从地层厚度和岩相古地理分析表明中部东西向构造带在古生代为一个低凹部位,因此,我们认为中央古隆起向北与伊盟隆起的鞍部是由中央古隆起与中部东西向低凹构造带相互叠加造成的。低凹部位的“波谷”与隆起部位的“波峰”的叠加干涉,使中央古隆起降低而使中部浅凹带升高,从而形成典型的鞍部形态。

1.3 岩溶低地

加里东运动之后,陕甘宁盆地整体上升,海水退出之后,经历了长达约 1.4×10^8 a的沉积间断。下古生界,特别是上部奥陶系的碳酸盐岩经历了长期风化淋滤,形成了著名的奥陶系顶部风化壳。由于在该风化壳内发现长庆大气田,其形成研究受到极大重视。通过大量的地质、钻井等资料,确定了风化面的基本面貌^[6]。清楚地显示出银川-乌审旗-榆林一线的岩溶低地,它们分别由银川岩溶洼

地,鄂托克前旗岩溶鞍地和榆林岩溶洼地等组成。经历长达 1.4×10^8 a的风化仍然存在明显的局部地貌,反映出控制地貌发育的构造单元的存在。

1.4 华北海与祁连海的对接通道

晚古生代中期,经过加里东运动联结在一起的阿拉善、陕甘宁、华北等组成的泛华北陆块又趋于解体,陕甘宁盆地的大部分地区又开始下沉。西部祁连海水沿着第三次复活的贺兰裂谷自西而东向地块侵漫;东部的华北海自东而西向地块侵漫。此期的中央古隆起成为分割两大海域的天然屏障。随着海侵的加剧两大海域逐渐汇合,而最先汇合的部位则是早先的风化壳低部位。两大海域贯通的早期海相灰岩能够说明贯通的路线和部位,图2为太原组下部灰岩的等厚图,可清楚地说明两大海域最先对接的部位和贯通路线。太原组沉积的厚带对应早先岩溶洼地,继承了早先的岩溶地貌格局,也进一步说明了东西构造浅凹带的存在以及对沉积的控制作用。

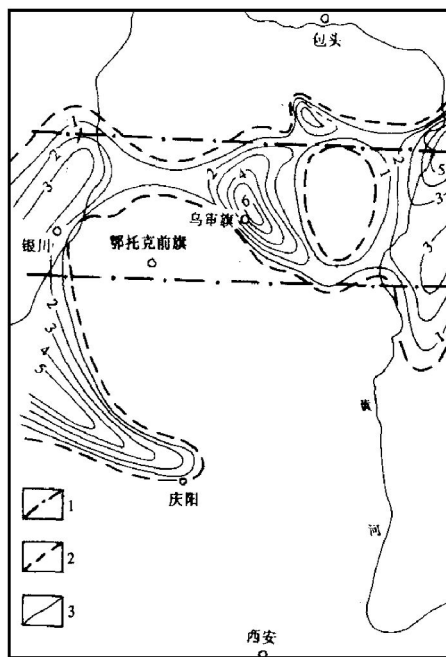


图2 陕甘宁盆地太原组下部海相灰岩等厚图

Fig. 2 Isopachous map of marine limestone in the lower part of Taiyuan Formation in Shaan-Gan-Ning Basin

1—中部构造带;2—灰岩分布边界,3—厚度等值线

1.5 晚古生代海(湖)陆过渡带

与早古生代相比,晚古生代陕甘宁属于远离海洋的内克拉通盆地。早期海水由东西两侧的华北海、祁连海向盆地侵漫。中央古隆起成为两大海域的分水岭,至晚石炭世后期盆地基本被填平补齐,中央古隆起停止活动不再控制后期的沉积。中后

期, 由于兴蒙海槽的关闭和古特提斯洋的扩张, 伊盟隆起北部的造山带隆升成为盆地主要物源, 盆地南部沦为秦岭海槽的北部边缘。在伸展的背景下由早先的隆起逐渐下沉, 被浅海覆盖。盆地整体呈现为北高南低的面貌。自北而南呈现出侵蚀高地→冲积扇→冲积平原→三角洲→海(湖)的古地理格局(图3)。从二叠纪早期至晚二叠世早期沿中部构造带发育多期三角洲沉积体系。三角洲沉积本身就为陆与海(湖)之间的过渡型沉积体系, 表明中部东西向构造带控制了三角洲沉积体系的发育, 呈现出海(湖)与陆过渡构造带与过渡型沉积体系的耦合关系。

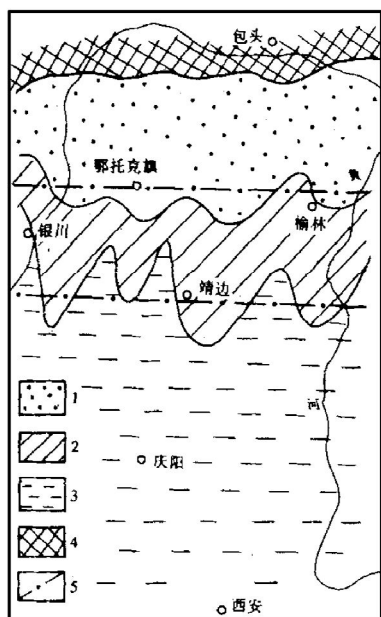


图3 陕甘宁盆地早二叠世晚期古地理图

Fig. 3 Paleogeographic map of the late Early Permian in Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin

1—冲积平原; 2—三角洲; 3—湖泊; 4—侵蚀高地; 5—中部构造带

1.6 新构造运动明显

陕甘宁盆地现今地貌明显分为南北两大不同的地貌单元, 北部以平坦的沙漠为主, 是广阔的蒙古高原的一部分; 南部则为侵蚀地貌发育的黄土高原。两大单元的分界位于中部东西向构造带内。从构造地貌的角度, 两大地貌单元差异的本质是基底块体的性质不同。在多种卫星影像图上都可以明显看出南北地貌的巨大差异和在吴忠、盐池一带发育明显的近东西向展布的断裂系统。张福礼等依据卫星照片曾解译出定边—吴堡东西向构造带^[7]。

由于陕甘宁盆地现今地表大多为沙漠和黄土, 加之长期以来陕甘宁盆地构造稳定的认识, 使得多数研究者认为这里新构造运动不发育。近年来, 通过新思路和新方法, 在新构造运动研究中获得了重

要进展, 识别出丰富的新构造。这些新构造明显地分为南北两大系统, 而且两者之间近东西向的构造带十分清楚^[8]。有趣的是, 在该带的定边一带亦为现今的地表浅凹带, 与古生代沿该线发育的东西向浅凹带很好地吻合在一起。

1.7 深部地质结构

深部地质结构是指沉积盖层以下, 包括基底、莫霍面、上地幔等。以往认为陕甘宁盆地内部地质结构是一个较为单一完整的刚性块体。近年来的研究表明并非如此, 陕甘宁盆地可以明显分为南北两个不同块体, 在中部纬度 $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 之间存在一过渡带^{*}。经历了太古至早元古代长期演化形成的盆地的变质结晶基底分布是不均一的。盆地北部属深变质麻粒岩相区, 属华北“古陆核”的一部分; 南部为中浅变质的火山—沉积岩相区; 两者之间主要为中深变质的高角闪岩相^[9]。重力资料反演揭示盆地南北地区地壳厚度存在较大差异, 而中部则为宽缓的负向构造单元。据地震层析速度图做出的盆地岩石圈厚度分区图分析, 陕甘宁盆地可明显分为南北两大块体, 两者岩石圈厚度有较大差异。两块体之间尚有一个岩石圈厚度介于两者之间的过渡带存在。在不同深度上的水平切片图上可看出 $36^{\circ} \sim 38^{\circ}$ 之间有明显的过渡带^{*}。

2 中部东西向构造带主要特点

2.1 过渡性

中部东西向构造带不同于其它构造单元的显著特点是其过渡性。由于它位于南北两块体的接合部位自然就决定了它过渡构造带的基本特点, 造就了过渡构造带与过渡型沉积的耦合, 如晚古生代海(湖)陆过渡带控制的三角洲沉积。

2.2 低幅度

中部构造带另一明显特点是低幅度。该构造带控制下的岩相类型和厚度, 特别是厚度与相邻的南北地区差异较小, 往往在数百米以内, 岩相向两侧渐变。在这种低幅度构造带上发育的三角洲沉积体系具有低坡度、低能量和高延伸性的特点^[10]。低幅度是该构造带不易被识别和确定的重要原因之一。

2.3 长期性

中部构造带最早在中元古代的长城纪即有表现, 为地台内低幅度裂陷, 厚度较相邻地区为厚。至今该构造带仍有活动的痕迹。

2.4 阶段性

中元古代仅西部明显, 为伸进地台内部的低幅

* 张吉森. 陕甘宁盆地气区地质构造及勘探目标选择. 1995

度裂隙。早古生代早中期为东西向的浅台坳。奥陶系顶部风化壳形成阶段,古地貌表现为东西向的岩溶低地。晚古生代中晚期为陆、海(湖)的过渡带。中生代为北陆南湖的过渡带。第四纪为控制地貌南北分异的分界线。

2.5 复合性

中部构造带与其它构造带的相互复合作用十分明显。由于其低幅度往往被其它构造叠加而表现得不明显,最为典型的是与中央古隆起的叠加形成一种近于垂直的叠加构造,致使中央古隆起与北部伊盟隆起以一个鞍部相连;而中部EW向构造带则被中央古隆起的叠加穿插而明显分为东、西和中三部分。西部被贺兰坳拉槽和西缘掩冲带所叠加,东部被晋西挠褶带所叠加。正是由于不同构造带的相互叠加穿插,加之中部构造带的低幅度,从而导致该构造带的识别和确定更加困难。

中部过渡构造带与东部晋西挠褶带和西缘掩冲带近于垂直方向的相互叠加是形成横山堡和吴堡两个气聚集带的重要因素。

3 油气地质意义

中部构造带的确定具有重要的基础地质意义,把陕甘宁盆地南北视为两个不同的块体将对盆地及其周缘诸多地质难题的解决有所帮助。本文这里仅讨论其显著的油气地质意义。

(1) 沿中部过渡构造带已发现有长庆、吴堡、镇川堡、横山堡、天池等气聚集带。这些气聚集带在中部过渡构造带统一的构造背景下组成中部天然气聚集区。

(2) 该构造带在古生代表现出的低凹地带,使得这里沉积较厚,形成了上、下古生界两大烃源中心,以及上古生界聚煤中心。

(3) 沿该构造带发育多期三角洲沉积体系,砂体重叠连片发育,形成有利的储层发育带。

(4) 由于该低凹带位于南北两大块体的中部,南北两大高地的大气淡水自然向此汇流,同时,由于该带中部受中央古隆起影响,中部高,而使汇水

又向两侧分流,使该带及两侧受到充分的大气淡水淋滤,极易形成古潜台和残丘。靖边古潜台及周围的古残丘证明了这一点,相似的残丘和潜台的地质背景在此带两侧存在,可望发现更多的潜台和残丘,古隆起及两侧的岩溶斜坡带是形成潜台和残丘的有利部位。

(5) 中部构造带的活动能使相对稳定的陕甘盆地在该带上发育一些低幅度的构造,而有利于油气的聚集和保存。事实上,陕甘宁盆地目前已发现的工业气田均与构造有关,只是其中的一些构造幅度较低而已。相对活动的构造作用还可提供热源而有利于有机质的转化。

(6) 盆地内以南北为轴线的数次东升西降及西升东降的天平式运动对中部长庆气田的形成有明显的强化作用。以中部构造带为轴心,在地史上亦经历了数次北升南降或北降南升的天平式运动,因此,沿中部EW向构造带必然会形成又一个天然气聚集的强化区。

参 考 文 献

- 1 长庆石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十二长庆油田)[M]. 北京:石油工业出版社,1992. 23~ 39
- 2 杨俊杰,裴锡占. 中国天然气地质学(卷4鄂尔多斯盆地)[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 18~ 42
- 3 冯增昭,陈继新,张吉森. 鄂尔多斯地区早古生代岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1991. 42~ 79
- 4 冯增昭,鲍志东,张永生,等. 鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理[M]. 北京:地质出版社,1998. 80~ 132
- 5 张抗. 鄂尔多斯断块构造和资源[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1989. 139~ 141
- 6 戴金星,王庭斌,宋岩,等. 中国大中型气田形成与分布规律[M]. 北京:地质出版社,1997. 81~ 99
- 7 张福礼. 鄂尔多斯盆地天然气地质[M]. 北京:地质出版社,1994. 47~ 59
- 8 朱照宇,丁仲礼. 中国黄土高原第四纪古气候与新构造演化[M]. 北京:地质出版社,1994. 247~ 258
- 9 贾进斗,何国琦,李茂松. 鄂尔多斯盆地基底结构特征及其对古生界天然气的控制[J]. 高校地质学报,1997,3(2): 144~ 149
- 10 郭英海,刘涣杰. 鄂尔多斯地区晚古生代沉积体系及古地理演化[J]. 沉积学报,1998,16(3): 44~ 51

CONFIRMATION OF EAST-WEST STRUCTURAL BELT IN SHAAN-GAN-NING BASIN AND ITS GAS-ACCUMULATING SIGNIFICANCE

Fang Guoqing¹ Wang Duoyun¹ Lin Xixiang¹ Zhang Xiaobao¹ Liu Deliang²

(1. Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou; 2. Department of Earth & Space Sciences, China Science and Technology University, Hefei)

Abstract: An east-west structural belt which extends from Ertuok Banner in the north to Dinbian-Jingbian in the south
(下转第202页)

- 相沉积盆地[A]. 见: 朱夏, 徐旺. 中国中、新生代沉积盆地[C]. 北京: 石油工业出版社, 1990
- 10 赵政璋, 郭祖军, 李永铁, 等. 青藏高原沉积盆地划分及油气远景评价[A]. 见: 徐怀大, 赵政璋, 樊太亮, 等. 从地震地层学到层序地层学——油气盆地的定性化与定量描述[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 153~ 160
- 11 戴宗林. 南海相油气地质特征及勘探方向的选择[J]. 海相油气地质, 1997, 2(4): 20~ 29
- 12 王定一. 论油气盆地类型及其在勘探中的应用[A]. 见: 赵重远, 刘池洋, 姚远. 含油气盆地地质学研究进展[C]. 西安: 西北大学出版社, 1993. 19~ 25
- 13 Beydoun Z R. Arabian plate hydrocarbon geology and potential: a plate tectonic approach[R]. AAPG Studies in Geology, 1991, 33: 77
- 14 Beydoun Z R, Clarke M W H, Stoneley R. Petroleum in the Zagros Basin: a late Tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon rich Paleozoic-Mesozoic passive-margin shelf[A]. In: McQueen R, Leckie D, eds. Foreland basins and foldbelts[C]. AAPG Mem, 1992, 55: 303~ 339
- 15 甘克文, 李国玉, 张亮成. 世界含油气盆地图集[M]. 北京: 石油工业出版社, 1982

POST-ALTERATION STAGES AND STRESS FIELD EVOLUTION OF BASINS

Liu Xiaoxiang, Liu Chiyang, Zhao Zhongyuan, He Juan
(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shanxi*)

Abstract: Sedimentary basins of China underwent post-sedimentary alteration. The alteration could be divided into five stages, i. e., tiny, feeble, medium, strong and fully strong alteration stages, and each of them resulted in comparative alteration basins. The shrinking, dying out of sedimentary basins were closely linked to the evolution of tectonic stress fields of the place they located. Altered by compressive stress field, sedimentary basins could form three kinds of alteration basins, namely reversal, successive and strike-slip type alteration basins. Since they have different characteristics in source-reservoir-cap rocks and distribution as well as in preservation states, it thus suggests that the thoughts and methods on petroleum prospecting of each kind of alteration basin must be different.

Key Words: alteration basin; remained basin; alteration stage; stress field; oil-gas exploration

(上接第198页)

developed in middle Shaan-Gar-Ning Basin. It was a shallow platform depression in early-middle stage of Early Paleozoic, a karst depression during the formation stage of Ordovician top weathered crust, a sea-land transitional zone in mid-late stage of Late Paleozoic, a lake land transitional zone in the Mesozoic, and the boundary line between north and south Shaan-Gar-Ning in the Cenozoic. The typical characteristics of the belt is lower amplitude, that is, the lithofacies and strata thickness of the belt are similar to the adjoining area, the difference of strata thickness is only several hundred meters. This property made it difficult to find the belt. Along this belt, two centers of source rocks and multi-deltaic sedimentary systems of Upper and Lower Paleozoic widely developed and connected there. The sand bodies that stacked are good reservoir rocks. Five gas fields (gas accumulation zone), i. e., Hengshanpu, Changqing, Tianchi, Zhenchuanpu have been discovered.

Key words: Shaan-Gar-Ning Basin; middle structural belt; confirmation evidence; gas-accumulating significance